

# Rozšiřující deska pro Arduino k připojení výukových modelů EDU-mod

Pavel Janás

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Janás**  
Osobní číslo: **A13163**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Rozšiřující deska pro Arduino k připojení výukových modelů EDU-mod**

Téma anglicky: **An Expansion Board for Arduino for Connecting EDU-mod Educational Models**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte a popište modely EDU-mod používané pro výuku programování mikropočítačů.
2. Navrhněte zapojení rozšiřující desky pro mikropočítačovou platformu Arduino, která umožní připojit k této desce modely EDU-mod.
3. Realizujte prototyp navržené rozšiřující desky.
4. Vytvořte ukázkový program pro Arduino k ověření funkčnosti vytvořené desky se zvoleným modelem EDU-mod.
5. Zpracujte dokumentaci k vytvořené desce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. BARR, Michael a Anthony J MASSA. Programming embedded systems: with C and GNU development tools. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006, xxi, 301 s. ISBN 978-0-596-00983-0.
2. CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2005, xvi, 377 p. ISBN 0596007558.
3. MCCONNELL, Steve. Dokonalý kód: umění programování a techniky tvorby software. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005, 894 s. ISBN 802510849x.
4. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.
5. KOHOUT, Luděk. Modely EDU-mod [online]. 2017 [cit. 2017-01-16]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

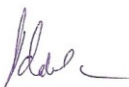
Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2017

Ve Zlíně dne 24. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
ředitel ústavu

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 24.5.2017

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací rozšiřující desky (shieldu) pro mikropočítačovou platformu Arduino. Byla vytvořena rozšiřující deska, která zajišťuje přizpůsobení napětí vstupů a výstupů výukových modelů EDU-mod řady 24 V napětí mikropočítače (5 V) a také fyzické připojení těchto modelů. Dále byl vytvořen ukázkový program s modelem automatické pračky, který demonstruje funkčnost realizované desky.

Klíčová slova: EDU-mod, Arduino, ATmega328, Stejnoseměrný měnič, MC34063

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis deals with design and realisation of the expansion board (shield) for microcomputer platform Arduino. An expansion board was created, that ensures voltage adaptation of inputs and outputs of the education models EDU-mod 24 V series for microcomputer voltage (5 V) and the physical connection of these models. In addition, a sample program with the automatic washing machine model was created that demonstrates functionality of realized board.

Keywords: EDU-mod, Arduino, ATmega328, DC/DC converter, MC34063

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady a vstřícné jednání v průběhu tvorby této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....                              | <b>10</b> |
| <b>1 MODEL Y EDU-MOD</b> .....                              | <b>11</b> |
| 1.1 ROZDĚLENÍ MODELŮ .....                                  | 11        |
| 1.2 PROCESOROVÁ JEDNOTKA .....                              | 12        |
| 1.3 MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ K ŘÍDÍCÍMU SYSTÉMU .....             | 12        |
| 1.3.1 Model mísící jednotky.....                            | 13        |
| 1.3.2 Model automatické pračky .....                        | 14        |
| 1.3.3 Model křižovatky .....                                | 16        |
| 1.3.4 Model nápojového automatu.....                        | 16        |
| <b>2 MIKROKONTROLÉRY</b> .....                              | <b>18</b> |
| 2.1 ARDUINO.....  | 19        |
| 2.1.1 Arduino Uno.....                                      | 20        |
| 2.1.2 Vývojové prostředí.....                               | 22        |
| <b>3 STEJNOSMĚRNÉ MĚNIČE NAPĚTÍ</b> .....                   | <b>24</b> |
| 3.1 SPÍNANÉ REGULÁTORY .....                                | 24        |
| 3.1.1 Zvyšující měnič .....                                 | 25        |
| 3.1.2 MC34063AP .....                                       | 25        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....                              | <b>27</b> |
| <b>4 NÁVRH ROZŠÍŘUJÍCÍ DESKY</b> .....                      | <b>28</b> |
| 4.1 VOLBA MĚNIČE .....                                      | 28        |
| 4.2 NÁVRH ZDROJE S OBVODEM MC34063 .....                    | 28        |
| 4.3 ŘÍDÍCÍ SIGNÁL ARDUINO – I/O MODUL – VÝUKOVÝ MODEL ..... | 29        |
| 4.4 ŘÍDÍCÍ SIGNÁL VÝUKOVÝ MODEL – I/O MODUL - ARDUINO ..... | 31        |
| <b>5 REALIZACE PROTOTYPU DESKY</b> .....                    | <b>32</b> |
| 5.1 PŘÍPRAVA DESKY .....                                    | 32        |
| 5.2 VYVOLÁNÍ PŘEDLOHY .....                                 | 32        |
| 5.3 LEPTÁNÍ .....   | 32        |
| 5.4 OSAZENÍ SOUČÁSTEK .....                                 | 33        |
| <b>6 UKÁZKOVÝ PROGRAM</b> .....                             | <b>34</b> |
| 6.1 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ .....                                 | 34        |
| <b>7 DOKUMENTACE K DESCE</b> .....                          | <b>37</b> |
| 7.1 OBVODOVÉ SCHÉMA.....                                    | 38        |
| 7.2 DESKA TIŠTĚNÉHO SPOJE.....                              | 39        |
| 7.2.1 Osazovací plán I/O modulu.....                        | 39        |
| 7.2.2 Adresace pinů.....                                    | 40        |
| 7.2.2.1 Model automatické pračky .....                      | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| 7.2.2.2 Model mísící jednotky.....             | 41        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>                             | <b>42</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>          | <b>43</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b> | <b>44</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                    | <b>45</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                     | <b>46</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                      | <b>47</b> |



## ÚVOD

V dnešní moderní době jsou téměř všechny technologické procesy ovládány mikropočítači nebo pomocí programovatelných automatů. Proto je důležité, aby praktická výuka programování těchto zařízení na technicky zaměřených školách byla dostatečně kvalitní a byla co nejvíce přiblížena reálným podmínkám. Toho může být dosaženo využitím výukových modulů EDU-mod, které tyto technologické procesy simulují.

V laboratořích Fakulty aplikované informatiky se nacházejí modely EDU-mod pracující s napětíovou úrovní 24 V, které jsou určeny výhradně pro použití se systémy PLC. Mezi nejčastěji využívané modely patří model automatické pračky a mísící jednotky.

Platforma Arduino je jednou z nepoužívanějších vývojových desek ve světě. Tato řídicí deska je oblíbená především díky jednoduchosti použití, velké oblasti využití a rozsáhlé podpoře komunity uživatelů. Platforma je často využívána ve výuce a tím se nabízí možnost připojení těchto výukových modelů a rozšířit tak možnosti způsobu výuky programování mikropočítačů.

Hlavním cílem této bakalářské práce je tedy navrhnout a realizovat rozšiřující vstupně výstupní modul pro mikropočítačovou platformu Arduino Uno, pomocí kterého bude možné tyto výukové modely fyzicky připojit k této platformě a využívat je.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části jsou popsány jednotlivé modely EDU-mod používané pro výuku programování mikropočítačů, jednočipový mikropočítač, platforma Arduino a vývojové prostředí, stejnosměrný měnič napětí. Praktická část se zabývá popisem návrhu zapojení a postupem výroby desky. Dále je uveden ukázkový program, pomocí kterého je ověřena funkčnost realizované desky a na závěr je uvedena dokumentace k vytvořené desce.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 MODELÝ EDU-MOD

Modely EDU-mod jsou souborem modelů „technologických procesů“ určených především k praktické výuce logických systémů realizovaných programovatelnými automaty (PLC), řídicími počítači, stavebnicemi logických obvodů (např. Dominoputer), PLD obvody, případně jednočipovými mikropočítači. Moduly jsou součástí výukového systému EDUtec a byly vyvinuty za účelem nahrazení použití reálných technologií, které v podmínkách školních laboratoří není možné provozovat a tím zkvalitnit výuku na středních, vyšších a vysokých školách. [5]



*Obr. 1. Základní soubor modelů EDU-mod*

### 1.1 Rozdělení modelů

Podle úrovně napěťových signálů se vyrábí ve dvou základních řadách.

#### **Moduly EDU-mod řady 24V**

Logické signály s úrovní 24V ss umožňují univerzální použití pro libovolný typ PLC systému. Vstupní i výstupní signály jsou definovány proti společnému zápornému vodiči. Opačnou polaritu signálů je možno řešit přizpůsobovacími členy.[5]

#### **Moduly EDU-mod řady 5V**

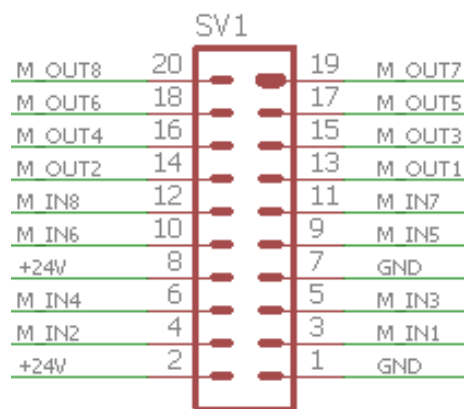
Logické signály s úrovní TTL dovolují spojení s logickými automaty realizovanými na bázi stavebnic číslicových IO, programovatelných logických polí (PLD), procesorových obvodů atd. [5]

## 1.2 Procesorová jednotka

Hlavní součástí, na které jsou modely EDU-mod postaveny se nazývá vnitřní procesorová jednotka. Jedná se o jednočipový mikropočítač vyráběný společností Atmel.

Úlohou této jednotky je simulovat vnitřní procesy modulu (např. systém snímání výšky hladiny, chlazení ohřáté vody a klesání hladiny kapalin), které jsou uskutečněny na základě signálů vyslaných řídicím systémem (mikropočítač, PLC).

## 1.3 Možnosti připojení k řídicímu systému



Obr. 2. Schéma zapojení 20 pólového konektoru modelů

Vstupní a výstupní signály EDU-mod jsou vyvedeny na 20 pólový konektor zajišťující propojení plochým kabelem s rozbočovacím modulem s mechanickým provedením shodným s periferiemi EDUtec. Rozbočovač obsahuje 4 konektory Cannon 9 (2 vstupní, 2 výstupní), pro připojení max. 8 vstupních a 8 výstupních binárních signálů z/do libovolného systému. Chceme-li tedy použít zvolený modul, stačí jej kabelem připojit a do odpovídajících konektorů zapojit řídicí systém (např. EDUtec).[5]

V laboratořích určených pro výuku programování mikropočítačů je rozbočovací modul zcela vynechán. Modely jsou připojovány k řídicímu systému pomocí rozsáhlejšího vývojového kitu, který obsahuje různé periferie jako LCD displej, LED diody, ovládací prvky (tlačítka, potenciometr), atd. a je určen pouze pro komunikaci s platformou FRDM-KL25Z od

společnosti NXP. Vývojové platformy Arduino doposud nebylo možné využívat v laboratořích s EDU-mod modely.

### 1.3.1 Model mísicí jednotky



Obr. 3. Model mísicí jednotky[5]

#### Funkce modelu

Mísicí jednotka je aktivní modul s vlastní inteligencí simulující funkci technologie složené ze tří plnicích tanků a mísicí nádoby. Model je řízen 6 binárními výstupy, vnitřní procesorová jednotka ovládá LED simulující snímače výšky hladiny a generuje chybová hlášení. Po sepnutí ventilů SV1 až SV3 se začnou plnit příslušné tanky s objemem 84 litrů rychlostí 6 l/s. Hladinoměry H1 až H8 snímající výšku hladiny v jednotlivých nádobách mají následující význam:

- dolní snímače H3, H5, H8 - minimální množství kapaliny (cca 10 l)
- střední snímače H2, H7 - polovina nádrže
- horní snímače H1, H4, H6 - plná nádrž

Mísicí nádoba má objem 253 litrů, průtok napouštěcím a vypouštěcím potrubím je 18 l/s.[5]

### Inicializační stav

Po zapnutí napájení nebo po restartu (tlačítko RESET) se jednotka automaticky nastaví do inicializačního stavu - všechny nádoby prázdné. Zároveň se rozbliká červená LED dioda ERR, která zhasne po prvním vybuzení některého ze solenoidových ventilů.[5]

### Chybová hlášení

Při přetečení kterékoli nádoby (včetně mísicí) se vyhodnotí chyba, která je signalizována rozsvícením LED diody ERR. Systém se vrátí do výchozího stavu po stisku tlačítka RESET.[5]

## 1.3.2 Model automatické pračky



Obr. 4. Model automatické pračky[5]

### Funkce modelu

Model je řízen 6 binárními výstupy PLC (akčních členů) na úrovni 24V logiky (společná GND), jejichž stav je na modelu zobrazován pomocí LED. Tento modul obsahuje vnitřní procesorovou jednotku, která ovládá LED simulující snímače hladiny a teploty vody a generuje chybová hlášení. Dva výstupy slouží pro otáčení bubnem. Jeho pohyb je znázorněn na osmi kruhově uspořádaných LED formou "běžícího světla". Rychlost otáčení bubnu se

řídí výstupem Otáčky. Další funkcí modelu je simulace napouštění a vypouštění vody do prací vany a její ohřev (včetně chladnutí). Pro napouštění slouží bit Voda, pro vypouštění bit Čerpadlo, pro ohřev bit Topení. Hladina vody v prací vaně je snímána ve dvou úrovních (50% a 100%) a zobrazována na LED. Informace je samozřejmě také posílána na výstupy modelu (vstupy PLC). Při ohřívání vody se model chová jako soustava 2. řádu, avšak časové konstanty jsou zkráceny tak, aby se při ladění aplikací nemuselo příliš dlouho čekat (ohřev plné vany na 90°C trvá cca 60s). Teplota vody je snímána ve 4 bodech (30, 40, 60 a 90°C).[5]

### **Inicializační stav**

Po zapnutí napájení nebo po restartu (tlačítko RESET) se jednotka automaticky nastaví do inicializačního stavu - prázdný buben, počáteční teplota.[5]

### **Chybová hlášení**

Model generuje dva druhy chybových hlášení, opravitelnou a neopravitelnou chybu.

#### **Opravitelná chyba**

- Nastává jen v případě, přijde-li současně povel k aktivaci bitů Buben → a Buben ←. Při tomto chybovém stavu začne blikat červená LED ERR a buben se přestane otáčet. Po odstranění kolizního stavu není nutné modul restartovat.

Neopravitelná chyba vzniká ve dvou případech:

- Přetečení prací vany
- Teplota vody stoupne nad 90°C

Neopravitelná chyba je indikována rozsvícením červené LED ERR. Z tohoto stavu se lze dostat pouze stiskem tlačítka RESET.[5]

### 1.3.3 Model křižovatky



Obr. 5. Model křižovatky[5]

### Funkce modelu

Model zobrazuje pomocí LED diod stavy výstupních signálů řídicího automatu. Tento model neobsahuje procesorovou jednotku a také nemá žádné výstupy. Pomocí spínačů a tlačítek je možné modifikovat běh programu, například lze realizovat tlačítko pro chodce.[5]

### 1.3.4 Model nápojového automatu



Obr. 6. Model nápojového automatu[5]



### **Funkce modelu**

Jde o aktivní modul s vlastní inteligencí simulující funkci zařízení na výrobu kávy a čaje. Model je řízen 8 binárními výstupy PLC (5 dávkovacích ventilů, vypouštěcí ventil, mixér a podavač kelímků) na úrovni 24V logiky (společná GND), jejichž stav je na modelu zobrazován pomocí LED. Vnitřní procesorová jednotka ovládá LED simulující snímače obsahu zásobníků, přítomnosti kelímku a generuje chybová hlášení.[5]

Po zapnutí napájení nebo po restartu (pomocí tlačítka RESET) se jednotka automaticky nastaví do inicializačního stavu - zásobníky vody, čaje, kávy, cukru, mléka obsahují 5 dávek, v zásobníku kelímků je připraveno 10 ks. Po sepnutí kteréhokoli ventilu se do mísící nádoby aplikuje pouze jedna dávka vody, čaje, kávy, cukru, mléka. Totéž platí pro vypouštěcí ventil. Prázdné zásobníky a přítomnost kelímku jsou snímány a zobrazovány pomocí LED diod. Informace je posílána na výstupy modelu (vstupy PLC). Připravený nápoj je možné odebrat stiskem tlačítka Hotovo.[5]

### **Chybová hlášení**

Model generuje dvě chybová hlášení. Chybová hlášení vznikají v těchto případech:

- Aktivace ventilu Voda, Čaj, Káva, Cukr, Mléko při prázdných zásobnících
- Vysunutí dalšího kelímku, pokud nápoj nebyl odebrán

Chyba je indikována rozsvícením LED ERR. Z tohoto stavu se lze dostat pouze stiskem tlačítka RESET.[5]

## 2 MIKROKONTROLÉRY

Mikrokontrolér je elektronická součástka ve které jsou zahrnuty všechny základní prvky nutné pro jeho funkci v jednom integrovaném obvodu. Jde o malý počítač, který je určen pro řízení různých procesů v reálném čase.

Hlavní vlastností mikrokontrolérů je jejich programovatelnost. Oblast využití je určena vhodným naprogramováním pomocí odpovídajícího programátoru pro daný typ mikrokontroléru. Jednočipové mikropočítače byly původně programovány v jazyce Assembler, v dnešní době jsou využívány jazyky vyšší úrovně (C, C++). Mikrokontroléry byly navrženy obzvláště pro využití ve vestavěných systémech.[3]

### Základní části mikrokontroléru:

- CPU - procesor
- Paměť – paměť programu (ROM, PROM, EPROM, FLASH), paměť dat (RAM)
- Oscilátor
- Periferní obvody:
  - Vstupní a Výstupní obvody – porty

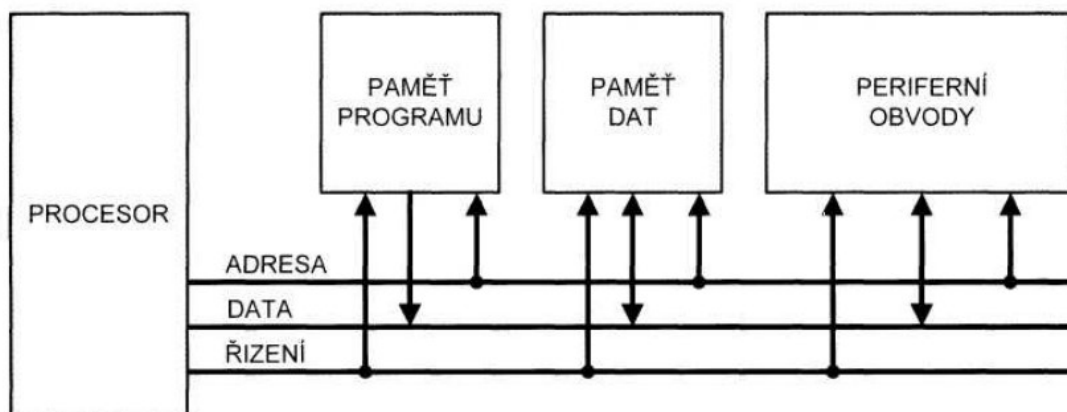
Mikrokontroléry mohou být postaveny na von Neumanově, Harvardské architektuře nebo kombinaci obou.

Mikropočítače založené na Harvardské architektuře mají oddělenou paměť programu a paměť dat. Využití této architektury přináší řadu výhod, například může být přístupováno k instrukcím i datům současně, velikost instrukce není dána velikostí standardní datové jednotky (slova).[1]

Většina jednočipových mikropočítačů obsahuje periferie jako časovač, čítač, řadič přerušení, a také mohou obsahovat AD/DA převodník či sériový kanál.

Velmi důležitým prvkem mikrokontroléru je zdroj hodinového signálu. Nejčastěji jde o vnitřní oscilátor s externím krystalem, bez kterého by byl mikrokontrolér nečinný.[8]

Pro ovládání periferních obvodů slouží soustava řídicích registrů, propojení jednotlivých částí mikropočítače je realizováno soustavou sběrnic.[4]



Obr. 7. Zjednodušené schéma počítače[4]

Využitím jednočipových mikropočítačů v různých elektronických systémech dochází ke zjednodušení výrobního procesu a tím také k výraznému snížení ceny daného výrobku, proto jsou jednočipové mikropočítače nejčastěji zabudovány do jednoúčelových systémů jako pračka, mobilní telefony, které řídí. Dále se mikrokontroléry využívají v různých vývojových platformách zaměřených pro výuku programování a rozvíjení inovativního myšlení (Arduino, Raspberry).

## 2.1 Arduino

Arduino je otevřená (open source) elektronická platforma, která je založená na uživatelsky jednoduchém hardware a software. Platforma Arduino vznikla v Ivrea Interaction Design Institute v Itálii jako jednoduchý nástroj pro vytváření nových a interaktivních projektů, se zaměřením pro studenty bez hlubší znalosti elektroniky a programování. Pro velký komerční úspěch se platforma začala dále vyvíjet a postupně rozšířila svou nabídku od jednoduchých 8 bitových desek až po produkty určené pro 3D tisk a embedded systémy.[6]



Obr. 8. Logo společnosti Arduino[7]

Jedná se o malý jednodeskový počítač, který je řízen jednočipovým mikropočítačem od společnosti Atmel. Tento počítač obsahuje digitální piny, které mohou sloužit jako vstupy nebo výstupy. Součástí počítače jsou také analogové vstupy. Výstupní piny slouží k ovládní zařízení, které chceme řídit. Prostřednictvím vstupních pinů můžeme připojovat tlačítka, různé senzory, nastavitelné odpory (trimr, potenciometr) nebo pouze přivádět povolené napěťové úrovně (logická 1 nebo 0). Dle logických stavů nebo hodnot čtených na těchto vstupních pinech můžeme v reálném čase reagovat na tyto vnější periferie například aktivací některých výstupních obvodů, pomocí kterých můžeme spouštět zvukovou signalizaci, řídit stejnosměrné motory, rozsvítit LED, atd.

Použitím korektně navrhnutého kódu spolu s využitím dalších podpůrných externích součástí jsou tyto jednodeskové počítače schopny řídit téměř jakékoliv elektromechanické zařízení.

### 2.1.1 Arduino Uno

Arduino Uno je základní a nejrozšířenější vývojovou deskou. Je nejvíce zdokumentovaná a používaná, proto je nejvhodnější volbou nejen pro začínající programátory. Obsahuje řídicí mikropočítač ATmega328P, který je zasazen do 28 pinové patice a v případě poškození je možné tento čip vyměnit. Na desce můžeme dále nalézt LED diodu připojenou k digitálnímu pinu D13, 16 MHz krystalový oscilátor, 6 analogových vstupů, konektor ICSP pro externí programování řídicího mikroprocesoru, resetovací tlačítko sloužící k opětovnému spuštění nahraného programu, 14 vstupů/výstupů z nichž 6 může být použito jako výstupy pro PWM. Pro napájení desky a nahrávání programu je určeno připojení k počítači pomocí USB konektoru typu B. Dále je možné využít DC konektor pro přivedení externího zdroje napětí v rozsahu 6-20V (doporučeno 7-12V).[6]



Obr. 9. Arduino Uno[9]

Technická specifikace:

|   |                    |
|---|--------------------|
| Pracovní napětí                             | 5V                 |
| Vstupní napětí (doporučené)                 | 7-12V              |
| Vstupní napětí (limit)                      | 6-20V              |
| Digitální I/O piny                          | 14                 |
| PWM Digitální I/O piny                      | 6                  |
| Analogové vstupní piny                      | 6                  |
| DC proud jednotlivých I/O pinů              | 20 mA              |
| DC proud pro 3.3V Pin                       | 50 mA              |
| FLASH<br>z toho 0.5 KB využito bootloaderem | 32 KB (ATmega328P) |
| SRAM  | 2 KB (ATmega328P)  |
| EEPROM                                      | 1 KB (ATmega328P)  |
| Taktovací frekvence                         | 16 MHz             |
| Délka                                       | 68.6 mm            |
| Šířka                                       | 53.4 mm            |
| Váha  | 25 g               |

Tab. 1. Technická specifikace desky Arduino Uno[6]

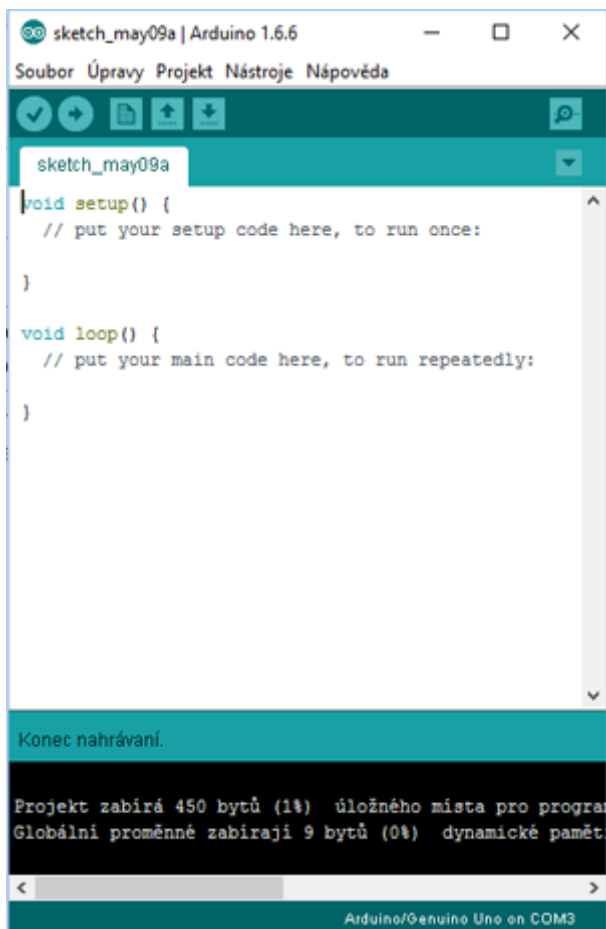
### 2.1.2 Vývojové prostředí

Platforma využívá toho, že veškerý programový kód je psán v jednotném vývojovém prostředí pro všechny typy desek. Pro tento účel společnost Arduino vytvořila vlastní jednoduché integrované vývojové prostředí, které využívá jazyk podobný jazykům C, C++. Tento programovací jazyk vychází z jazyků Wiring a Processing. Soubory knihoven jsou psány v jazyce C nebo C++. [6]

Mezi základní prvky IDE patří:

- jednoduchý textový editor
- informační konzole – výpisy chyb, informace
- okno zobrazující zprávy ze sériové linky
- panel nástrojů s tlačítky základních funkcí jako je ověření správné syntaxe programového kódu, nahrávání programu do mikropočítače, otevírání a ukládání programu.

Program napsaný v tomto vývojovém prostředí se nazývá sketch a vždy obsahuje bloky (funkce) `setup()` pro inicializaci proměnných, nastavení pinů a nekonečnou smyčku `loop()`. Tyto programy jsou uloženy v podadresáři Arduino jako nový adresář s pojmenováním shodným s názvem skeče. Pro navázání komunikace desky s IDE je zapotřebí nastavit typ použité desky a port, ke kterému je připojena.



Obr. 10. Vývojové prostředí Arduino

### 3 STEJNOSMĚRNÝ MĚNIČ NAPĚTÍ

DC-DC měnič je elektronický obvod umožňující změnu vstupní hodnoty stejnosměrného napětí a proudu na zvolenou hodnotu stejnosměrného napětí a proudu v povoleném rozsahu těchto hodnot. Na vstup může být přivedeno neregulované napětí, po převodu bude na výstupu měniče stabilizované DC napětí požadované hodnoty.[2]

Rozsahy vstupních a výstupních napětí a další důležité parametry jsou uvedeny v dokumentaci součástky (datasheet).

Rozlišujeme 3 základní typy DC-DC měničů:

- Lineární regulátory
- Spínané regulátory
- Nábojové pumpy[2]

Účinnost konverze není nikdy 100%, protože samy regulátory odebírají v klidovém stavu určitý proud ze vstupního zdroje.[2]

#### 3.1 Spínané regulátory

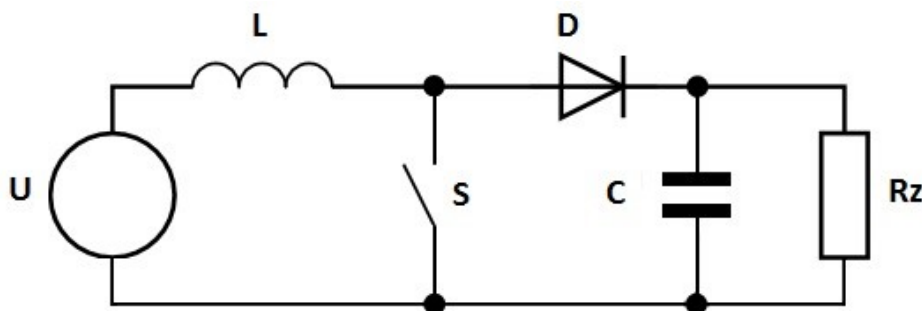
Spínané regulátory umožňují snižovat, zvyšovat, invertovat vstupní napětí. Tyto regulátory fungují na principu dočasného ukládání vstupní energie a poté uvolnění této energie na výstup o jiném napětí. Úložištěm této energie v elektrickém obvodu může být cívka (energie uložena v jejím magnetickém poli) nebo kondenzátor (dočasné uchování elektrického náboje).[11] Pro spínání výstupu jsou využívány výkonové transistory (MOSFET). Spínané regulátory mají mnohem lepší účinnost při konverzi vstupního napětí na výstup než lineární regulátory.[2]



### 3.1.1 Zvyšující měnič

Princip funkce měniče tohoto typu lze popsat dvěma stavy ve kterých se může nacházet.

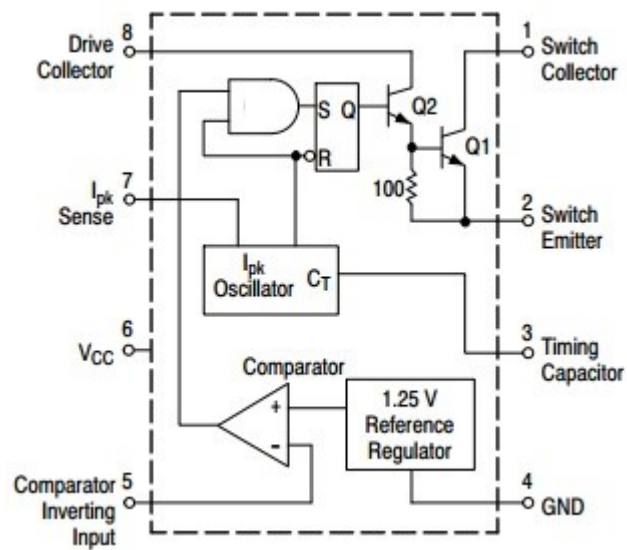
Výkonový tranzistor je spínán pomocí řídicího obvodu. Pokud je tranzistor S v sepnutém stavu, průchodem proudu přes cívku se vytváří magnetické pole, tím se na ní akumuluje energie, polarita levého vývodu cívky je kladná. Ve fázi rozepnutí tranzistoru se hodnota proudu sníží a zvýší se impedance. Magnetické pole cívky zanikne kvůli udržení toku proudu proti zátěži  $R_z$ , tím je polarita cívky změněna. V obvodu tedy vzniknou dva zdroje energie v sériovém zapojení a touto energií je přes diodu D nabíjen výstupní kondenzátor. Výsledné napětí, kterým je nabíjen kondenzátor je vyšší než je napětí zdroje. Ve fázi sepnutí je tato energie z kondenzátoru dodávána zátěži, k zamezení vybití kondenzátoru na zem přes sepnutý tranzistor slouží dioda. Dostatečnou frekvencí spínání je zajištěno, že na zátěži je vždy vyšší napětí než je napětí zdroje.[12]



Obr. 11. Obecné schéma zvyšujícího měniče

### 3.1.2 MC34063AP

Jde o monolitický řídicí obvod obsahující primární funkce potřebné pro DC-DC převod. Integrovaný obvod se skládá z komparátoru, oscilátoru s řízením proměnnou střídou s obvodem aktivního proudového omezení, budiče a spínače vysokoproudového výstupu. Čip má teplotně stálý zdroj referenčního napětí a je možné jej provozovat v rozsahu teplot od  $0^{\circ}\text{C}$  po  $70^{\circ}\text{C}$ . Tento spínaný regulátor napětí může být použit buď jako snižovač, zvyšovač nebo invertor stejnosměrného napětí s využitím minimálního počtu externích komponent jako jsou rezistory, dioda, tlumivka.[10]



Obr. 12. Blokové schéma regulátoru  
MC34063AP[10]

**Parametry:**

- Vstupní napětí v rozmezí 3 V - 40 V
- Nízký pohotovostní proud
- Proudové omezení
- Výstupní spínaný proud až 1.5 A
- Nastavitelné výstupní napětí 3-40V
- Frekvence oscilátoru až 100 kHz

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 NÁVRH ROZŠÍŘUJÍCÍ DESKY

Modul je navržen primárně pro použití s deskami Arduino Uno, proto při navrhování zapojení byl kladen důraz na co nejmenší rozměry desky s použitím součástek standardní velikosti, aby bylo možné tento modul nasadit přímo na řídicí desku mikropočítače stejným způsobem jako u běžně prodávaných rozšiřujících desek. Dále bylo dbáno na dodržení doporučené vzdálenosti součástek obvodu spínaného regulátoru. Výsledná deska je jednostranná a kromě nutnosti využití externího zdroje stejnosměrného napětí zahrnuje všechny prvky potřebné ke své funkci. Pro zpracování schématu a výsledné podoby plošného spoje byl použit software EAGLE 7.6.0.

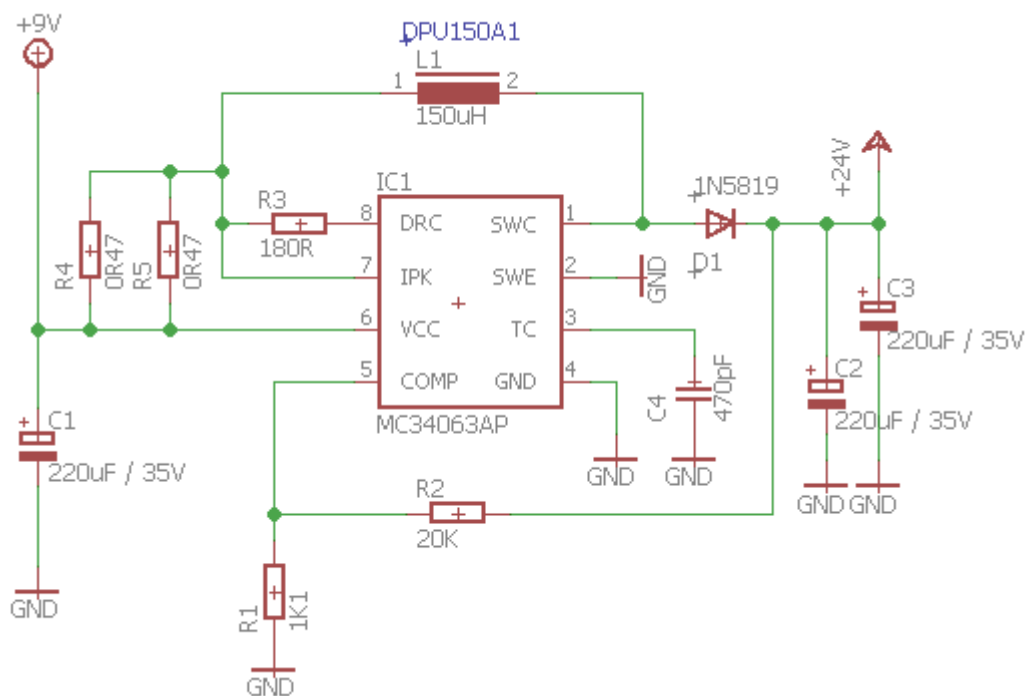
### 4.1 Volba měniče

Při výběru DC/DC měniče bylo dbáno nato, že z měniče napětí bude napájena citlivá elektronika tzn. zařízení osazené řídicími mikrokontroléry. Modely EDU-mod vyžadují pro svoji funkci napájecí napětí 24V a stejnou hodnotou napětí jsou ovládány jejich jednotlivé vstupy. Zvolený měnič by měl tedy zvyšovat napětí v požadovaném rozsahu hodnot a přitom dodávat potřebný proud napájenému zařízení. Další podmínkou bylo, aby měnič měl nízký klidový odběr proudu a nevyžadoval použití externího spínacího tranzistoru. Jako poslední z požadavků na parametry byla nízká cena a menší rozměry součástky. Integrovaný obvod MC34063 výše uvedené podmínky splňuje a byl pro tento účel vybrán.

### 4.2 Návrh zdroje s obvodem MC34063AP

Před samotným zpracováním návrhu bylo nutné si uvědomit, jakým způsobem bude spínaný regulátor napájen. Výuková laboratoř disponuje napájecími adaptéry s výstupem 9V. Pro toto vstupní napětí byl tedy měnič navržen. Při výpočtech se vycházelo ze vzorového zapojení zvyšujícího měniče z datasheetu a pomocí vztahů uvedených k němu byly získány hodnoty součástek. Podle výsledných hodnot volíme z řad součástek, jejichž hodnota se co nejvíce blíží hodnotám vypočteným.

Na vstupu spínaného regulátoru je zapojen filtrační kondenzátor pro případ připojení nestabilizovaného zdroje napětí. V obvodu je nutností použití Schottkyho diody z důvodu rychlé změny z vodivého do nevodivého stavu a menšího úbytku napětí v propustném směru než u klasických usměrňovacích diod.



Obr. 13. Zapojení obvodu MC34063 jako zvyšovač napětí

### 4.3 Řídící signál Arduino – I/O modul - výukový model

Pro komunikaci ve směru z Arduina do modelu EDU-mod směru byl využit optočlen s tranzistorem. V optočlenu je integrována LED dioda a fototranzistor bez vyvedené báze. Průchodem určitého proudu na diodě dojde k její rozsvícení a postupnému otevírání fototranzistoru. Použitím optočlenu je zajištěno galvanické oddělení vstupního obvodu od výstupu optočlenu.

Z údajů uvedených v datasheetu součástky byl zvolen dostatečný proud k vybuzení optočlenu. Následně byla vypočtena odpovídající hodnota předradného odporu, sloužícího k omezení protékajícího proudu diodou.

$$R = \frac{U_{PIN} - U_{LED}}{I} \quad (1)$$

$$R = \frac{5 - 1,2}{0,007}$$

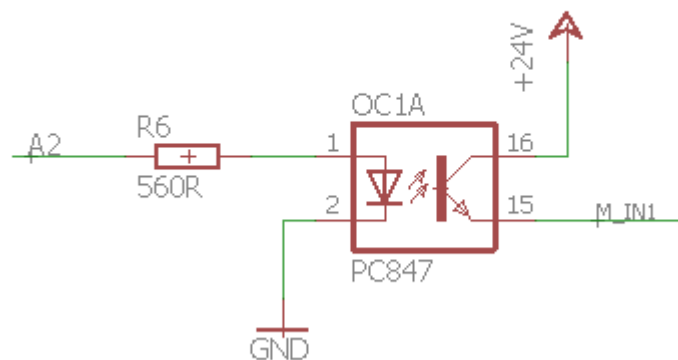
$$R = 542,857\Omega$$

$U_{PIN}$  – výstupní napětí pinu řídicího obvodu.

$U_{LED}$  – úbytek napětí na LED diodě

$I$  – proud potřebný k vybuzení optočlenu

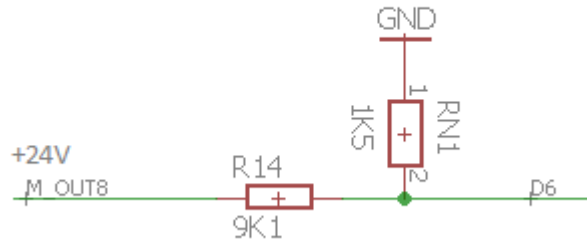
Na základě vypočítané hodnoty byla zvolena hodnota odporu  $560\Omega$ .



Obr. 14. Schéma zapojení komunikace ve směru Arduino – model

Napětí 24V ze spínaného regulátoru je přiváděno na kolektor fototranzistoru. Při příchodu logické 1 z řídicího obvodu A2 je optočlen sepnut a napětí na kolektoru je přes emitor přivedeno na vstup EDU-mod modelu. Použitý integrovaný obvod PC847 obsahuje 4 optočlenu. V zapojení jsou využity dva tyto obvody k zprostředkování spínání všemi výstupy mikrokontroléru.

#### 4.4 Řídící signál výukový model – I/O modul - Arduino



Obr. 15. Schéma zapojení komunikace ve směru model – Arduino

Hodnota napětí na výstupech výukových modulů je 24V. Toto napětí je zapotřebí přizpůsobit TTL logice se kterou pracují mikropočítače. Na základě údajů nastudovaných z manuálu mikrokontroléru Atmega328P byla zjištěna minimální hodnota napětí 3V, kdy Arduino spolehlivě rozpozná logickou 1. Aby se předešlo přechzení nedefinované úrovně na vstupu mikrokontroléru, je nutné navrhnout dělič pro hodnotu napětí, která je o něco vyšší než je minimální. Volbou vhodného poměru rezistorů z řady E24 bylo docíleno hodnoty napětí 3,396V. Pro výpočet slouží vztah pro nezatížený dělič.

$$U_{výst} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{vst} \quad (2)$$

$$U_{výst} = \frac{1500}{9100 + 1500} * 24$$

$$U_{výst} = 3,396V$$

Použity byly tedy hodnoty rezistorů R1 9100Ω a R2 1500Ω. Celé schéma zapojení rozšiřující desky je uvedeno v kapitole „Dokumentace k desce“.

## 5 REALIZACE ROZŠIŘUJÍCÍ DESKY

Výroba desky plošných spojů může být realizována s pomocí různých metod přenosu navrženého obrazce DPS. V užším výběru bylo rozhodováno mezi metodami fotocesty nebo nažehledním toneru laserové tiskárny. Navržená předloha DPS obsahuje velmi tenké vodivé cesty procházející různými místy v blízkosti vývodů součástek a konektorů, proto byla pro realizaci desky plošného spoje vybrána metoda výroby fotocestou, která zajišťuje vysokou kvalitu přenosu obrazce na desku. Rychlejší, levnější, ale méně kvalitní varianta byla zavržena.

### 5.1 Příprava desky

Materiál desky se nazývá cuprexit, jde o materiál s nanesenou vrstvou mědi na jedné nebo na obou stranách. Pro výrobu DPS fotocestou je zapotřebí, aby na cuprexit byla nanesena vrstva fotocitlivého laku. Ve specializovaných obchodech lze tento materiál zakoupit už s nanesenou fotocitlivou vrstvou. Velikost desky je nejprve upravena na odpovídající rozměry. V amatérských podmínkách se nejvíce osvědčilo využití lupénkové pilky a pilníku.

### 5.2 Vyvolání předlohy

Vyexportovaná jednobarevná (černobílá) předloha ze software Eagle je vytištěna na průhlednou folii pomocí laserové tiskárny. Kvalita tisku musí být dostatečně kvalitní, aby nedošlo k prosvítání UV záření přes motiv. Takto připravená předloha se přiloží k DPS potištěnou stranou, přiklopí se průhledným sklem, zatíží a umístí se pod zdroj UV záření. Předloha je vyvolána v lázni roztoku hydroxidu sodného známým pod názvem vývojka. Motiv je po vyvolání zapotřebí omýt vodou, poté je DPS připravena k leptání.

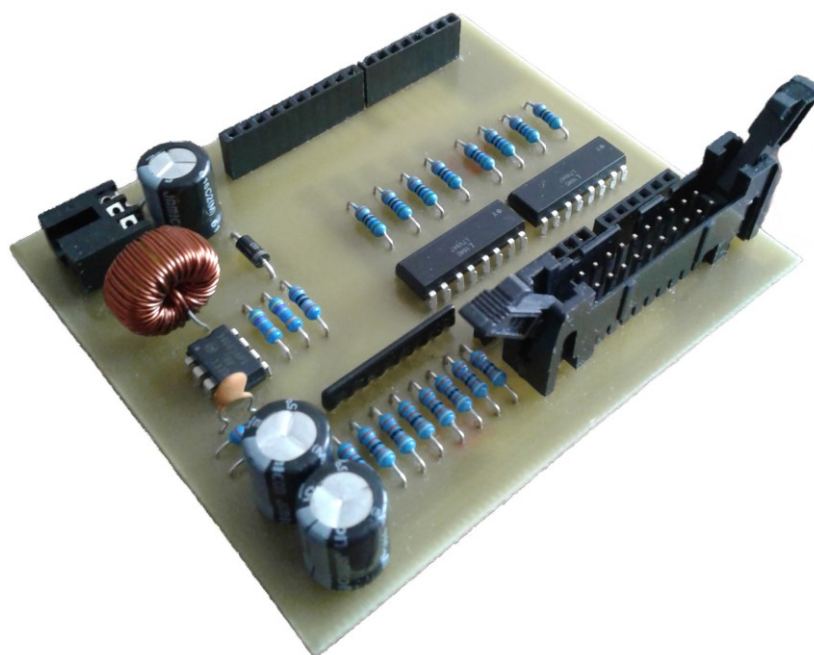
### 5.3 Leptání

Pro vyleptání obrazce plošného spoje se využívá roztok chloridu železitého  $\text{FeCl}_3$ . Deska je ponořena do leptací kapaliny pouze stranou obsahující vyvolaný obrazec. Stranu desky, kde se nenachází měď je vhodné zajistit například pomocí lepící pásky. Díky tomu je desku možné vyzvednout a průběžně tak kontrolovat stav odleptávání. Přibližná doba, kdy lze vidět odleptané části měděné plochy se pohybuje okolo 9 minut. Dobu leptání je možné ovlivnit zahřátím roztoku přibližně na  $50^\circ \text{C}$ . Po vyleptání obrazce je nutné desku důkladně umýt vodou, osušit a popřípadně natřít pájitelným lakem.



## 5.4 Osazení součástek

Pro vyvrtání otvorů byl použit vrták o průměru 0,8 mm. Pro konektory, dutinkové lišty, DC konektor bylo zapotřebí využít průměr vrtáku 1 mm. Osazování desky probíhá tzv. pájením. Procesem pájení se rozumí spojování dvou nebo více pájitelných materiálů pájkou pomocí mikropájedla. K pájení tohoto typu plošného spoje slouží mikropájedlo s malým hrotem. Přiložením hrotu mikropájedla s menším množstvím roztavené pájky ke spoji vývodu součástky a měděné plochy DPS na krátkou dobu dojde po zatuhnutí této pájky ke spojení těchto součástí. Pro lepší přilnavost jsou pájené části potírány tavidlem.



*Obr. 16. Zhotovený I/O modul*

## 6 UKÁZKOVÝ PROGRAM

Tato část práce je zaměřena na popis programového kódu vytvořeného pro vybraný EDU-mod model z laboratoře programování mikropočítačů. Ukázkový kód byl vytvořen ve vývojovém prostředí Arduino IDE 1.6.6 a je určen pro model automatické pračky. Cílem programu je ověřit bezchybnou komunikaci mezi deskou Arduino Uno a vybraným EDU modelem zprostředkovanou I/O rozšiřující deskou. Jsou testovány všechny vstupy a výstupy tohoto modelu na jejich korektní funkčnost. Tento program není vytvořen za účelem prezentovat plnohodnotnou simulaci chodu reálné pračky, ale je zjednodušen, tak aby byl přehledný a bylo by pomocí něj také možné demonstrovat základní principy programování platformy Arduino. Kompletní zdrojový kód je uveden v příloze.

### 6.1 Programové řešení

Program obsahuje 6 funkcí. Pro lepší přehlednost a manipulaci jsou nejprve čísla jednotlivých výstupních a vstupních pinů mikropočítače přiřazeny k proměnným, které reprezentují určitou funkci modelu. Dále jsou definovány pomocné proměnné.

```
int buben_vpravo = A2;  
int buben_vlevo = A3;  
int buben_otacky = A5;  
int topeni = 2;  
int voda = 3;  
int cerpadlo = 4;
```

*Obr. 17. Přiřazení výstupních pinů proměnným*

Funkce setup() se vykonává pouze jednou a slouží k nastavení proměnných, spuštění inicializačních funkcí a nastavení směru pinů. Pomocí funkce pinMode() je možné nastavovat pin jako výstupní OUTPUT, vstupní INPUT nebo vstupní s aktivním pull-up rezistorem INPUT\_PULLUP při použití tlačítka.

```
pinMode(buben_vpravo, OUTPUT);  
pinMode(buben_vlevo, OUTPUT);  
pinMode(buben_otacky, OUTPUT);  
pinMode(topeni, OUTPUT);  
pinMode(voda, OUTPUT);  
pinMode(cerpadlo, OUTPUT);
```

*Obr. 18. Nastavení pinů jako piny výstupní*

Dále následuje funkce pro napouštění vody `napousteni()`, která zajišťuje aby nebylo překročeno maximální hodnoty hladiny a model tak nehlásil chybový stav. Obdobným způsobem je řešena funkce pro ohřev vody. Pomocí funkce `digitalRead()` je čtena určitá napěťová úroveň na daném pinu vyslaná výstupem modelu pračky. Na základě přečtené úrovně je rozhodováno zda bude na daný výstupní pin zapsána logická 1 nebo 0 využitím funkce `digitalWrite()`.

```
boolean napousteni() {  
  
    if (digitalRead(hladina_100) != HIGH) {  
        digitalWrite(voda, HIGH);  
        return false;  
    }  
    else{  
        digitalWrite(voda, LOW);  
        return true;  
    }  
}
```

Obr. 19. Funkce pro napouštění vody

Funkce `prani()` simuluje v několika cyklech otáčení bubnu pračky v obou směrech. Čekací funkce `delay()` zajišťuje aby se model nenacházel v chybovém stavu, který může nastat sepnutím obou směrů otáčení bubnu ve stejný čas.

```
boolean prani()  
{  
    if(pruchod<4){  
        digitalWrite(buben_otacky, HIGH);  
        digitalWrite(buben_vpravo, HIGH);  
        delay(2000);  
        digitalWrite(buben_vpravo, LOW);  
        delay(500);  
        digitalWrite(buben_vlevo, HIGH);  
        delay(2000);  
        digitalWrite(buben_vlevo, LOW);  
        delay(500);  
        digitalWrite(buben_otacky, LOW);  
        pruchod++;  
        return false;  
    }  
    else{  
        return true;  
    }  
}
```

Obr. 20. Funkce pro střídavé otáčení bubnu

Funkcí vypousteni() je zajištěno odčerpání vody z hladiny vyšší než je poloviční až po hodnotu hladiny menší než 50%.

```
void vypousteni() {
while(digitalRead(hladina_50)==HIGH) {
    digitalWrite(cerpadlo, HIGH);
}
digitalWrite(cerpadlo, LOW);
}
```

Obr. 21. Funkce vypouštění vody z pračky

Funkcí test\_teplota() je ověřována funkčnost vstupů odpovídajícím hodnotám teplot na modelu. Na základě čtení logické úrovně HIGH na jednotlivých vstupech jsou zapínány a vypínány určité výstupy modelu. Model je poté uveden do výchozího stavu funkcemi Initialize() a Exit(0). Exit(0) je systémovou funkcí, která zastaví veškerý další běh kódu a program setrvává v posledním známém stavu před zavoláním této funkce.

```
void test_teplota() {

while(digitalRead(hladina_100)!=HIGH) {
    digitalWrite(voda,HIGH);
}
digitalWrite(voda,LOW);

while(digitalRead(teplota_30)!=LOW) {

    if(digitalRead(teplota_60)==HIGH) {
        digitalWrite(buben_vpravo,HIGH);
        digitalWrite(buben_otacky,LOW);
    }
    else if(digitalRead(teplota_40)==HIGH) {
        digitalWrite(buben_vpravo,LOW);
        digitalWrite(buben_otacky,LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(buben_vlevo,HIGH);
    }
    else{
        digitalWrite(buben_vlevo,LOW);
        digitalWrite(buben_otacky,HIGH);
    }
}
vypousteni();
initialize();
exit(0);
}
```

Obr. 22. Funkce test\_teplota()

Pro zajištění větší přehlednosti programu jsou výše uvedené funkce volány z nekonečné smyčky loop().

## 7 DOKUMENTACE K DESCE

### Technický popis:

Rozšiřující deska zajišťuje komunikaci desek Arduino s modely EDU-mod. Pomocí spínaného regulátoru MC34063AP je zajištěn převod vstupního napájení desky z 6-9V na 24V. Toto napětí je přiváděno na modely EDU-mod použitím optočlenů s tranzistory PC847, které jsou spínány stejnosměrným napětím z jednotlivých výstupů mikropočítače. Napětí 24V výstupů výukových modelů je sníženo na hodnotu 3,1-3,4V pomocí odporového děliče napětí.

### Další funkce:

- Výstupy připojeného mikropočítače jsou galvanicky odděleny.
- Na desce se nachází dutinkové lišty, lze tedy desku využít i v jiných obvodech, například použitím nepájivého kontaktního pole.
- Použitím dutinkových lišt Arduino con nebo podobných produktů s délkou vývodů alespoň 15 mm je možno připojení shieldů kompatibilních s deskou Arduino Uno.
- Desku lze použít se zařízeními využívající logické úrovně TTL, různé typy desek Arduino jsou kompatibilní.

**Parametry:** Rozměry navržené desky jsou 89 x 76 mm.

- Hmotnost: 0,049 g.
- Použité piny Arduina - všechny digitální piny, analogové piny A2, A3, A4, A5.

### Napájení:

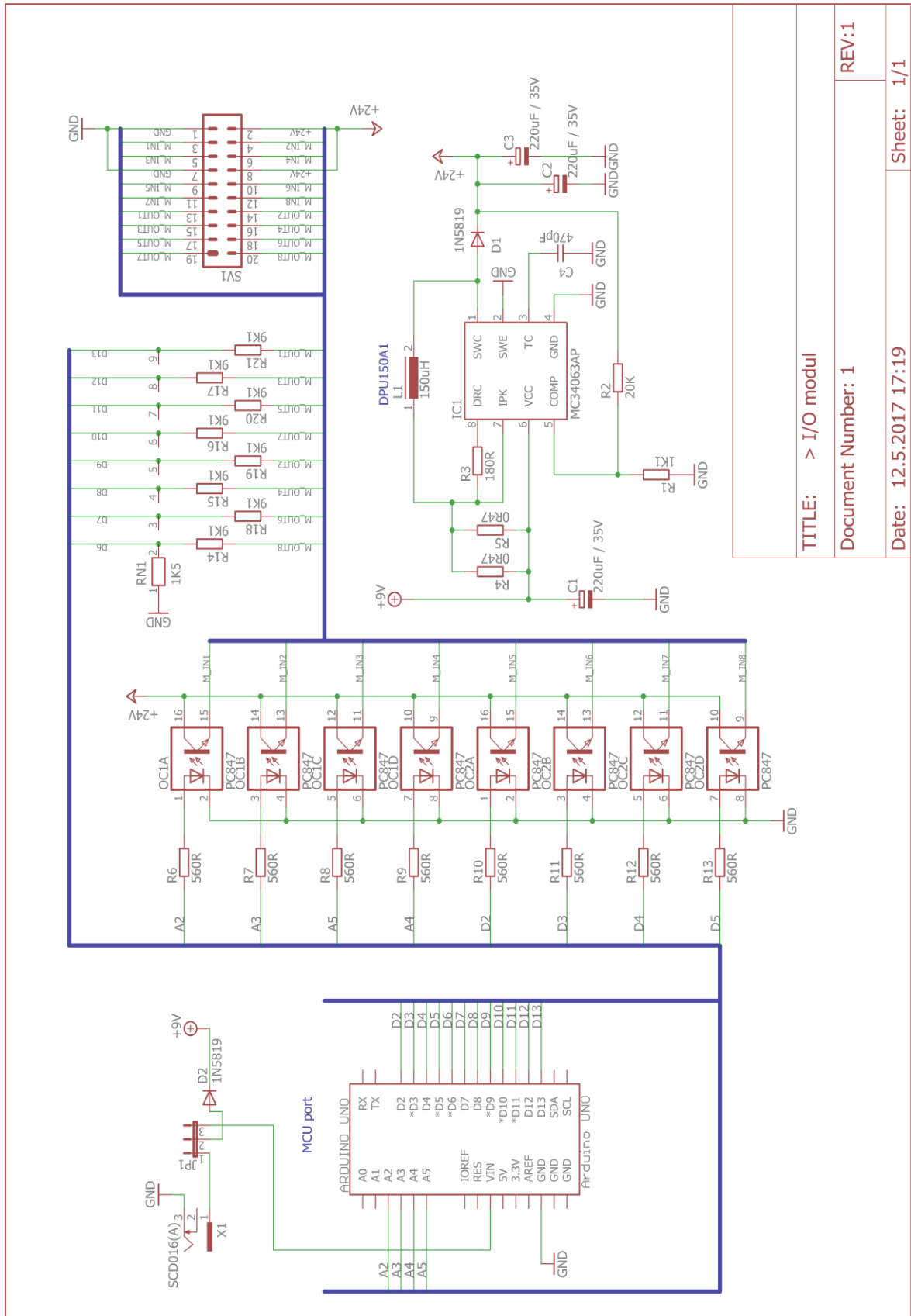
Na desce plošného spoje je místo pro osazení jumperu, pomocí kterého lze přepínat přívod napájení pro desku. Pokud jumper není osazen, kontakty mohou být propojeny kapkou pájky. Jako výchozí způsob napájení desky je určeno napájení přes napájecí DC konektor.

Pro napájení desky je možno zvolit z těchto možností:

- Připojením nejlépe stabilizovaného zdroje stejnosměrného napětí DC s hodnotou 6-9V přes napájecí souosý konektor o průměru vidlice 2,1mm.
- Propojení s jiným zdrojem napětí, například u desky Arduino Uno propojením pinu  $V_{in}$  pomocí vodiče, který je možno připájet přímo na desku, v případě osazení jumperu na jumper.

Modul obsahuje ochranu proti přepólování napájení.

7.1 Obvodové schéma



TITLE: > I/O modul

Document Number: 1

Date: 12.5.2017 17:19

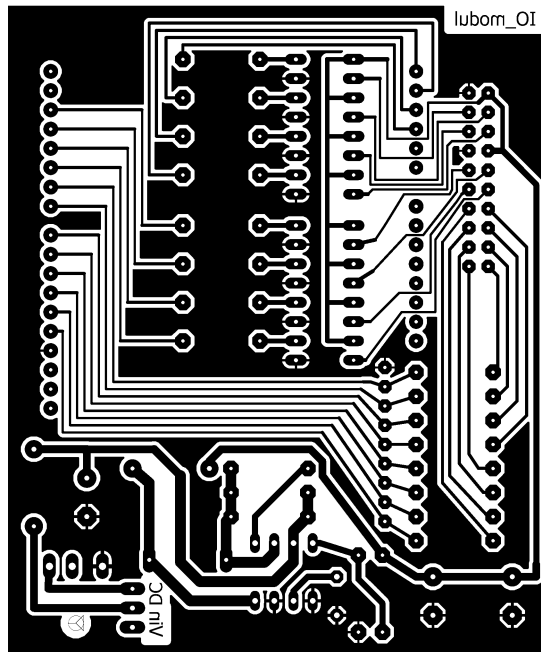
REV:1

Sheet: 1/1

Obr. 23. Schéma zapojení desky

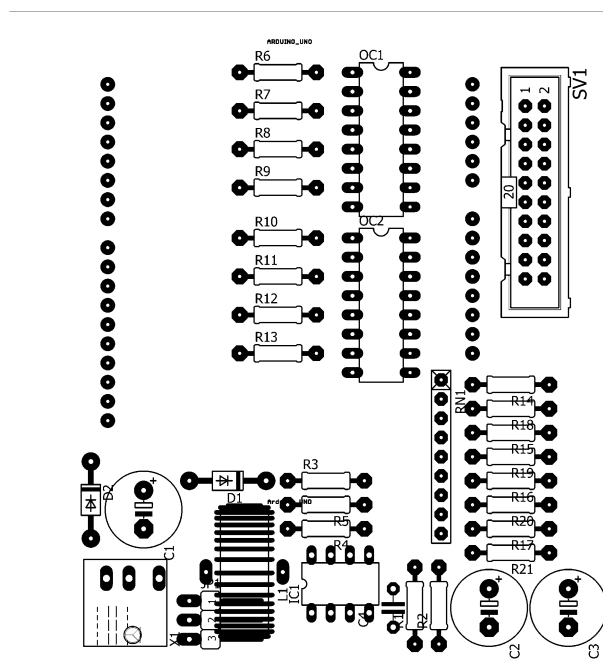
## 7.2 Deska tištěného spoje

Pro realizaci desky způsobem nažehlováním toneru nebo fotocestou není nutno tuto předlohu zrcadlově překládat.



Obr. 24. Předloha DPS

### 7.2.1 Osazovací plán I/O modulu



Obr. 25. Osazovací plán DPS, pohled shora

## 7.2.2 Adresace pinů

Zde je v tabulce uvedena adresace pinů desky Arduino Uno k funkcím základních modelů využívaných ve výuce mikropočítačů. IDE pin je klasický pin pro ovládání Arduina ve vývojovém prostředí. Pokud by bylo zapotřebí vytvořit si vlastní knihovny, využijeme značení prvního sloupce tabulky, kde jednotlivé znaky zkratky PC2 znamenají P - port, C - označení portu, 2 – číslo bitu pro zápis logické úrovně.

### 7.2.2.1 Model automatické pračky

| Č. bitu na portu mcu | IDE pin | Funkce modelu |
|----------------------|---------|---------------|
| PC2                  | A2      | Buben ->      |
| PC3                  | A3      | Buben <-      |
| PC4                  | A4      | Nezapojeno    |
| PC5                  | A5      | Otáčky        |
| PD2                  | D2      | Topení        |
| PD3                  | D3      | Voda          |
| PD4                  | D4      | Čerpadlo      |
| PD5                  | D5      | Nezapojeno    |
|                      |         |               |
| PD6                  | D6      | Teplota 30°C  |
| PD7                  | D7      | Teplota 60°C  |
| PB0                  | D8      | Hladina 100%  |
| PB1                  | D9      | Nezapojeno    |
| PB2                  | D10     | Teplota 40°C  |
| PB3                  | D11     | Teplota 90°C  |
| PB4                  | D12     | Hladina 50%   |
| PB6                  | D13     | Nezapojeno    |

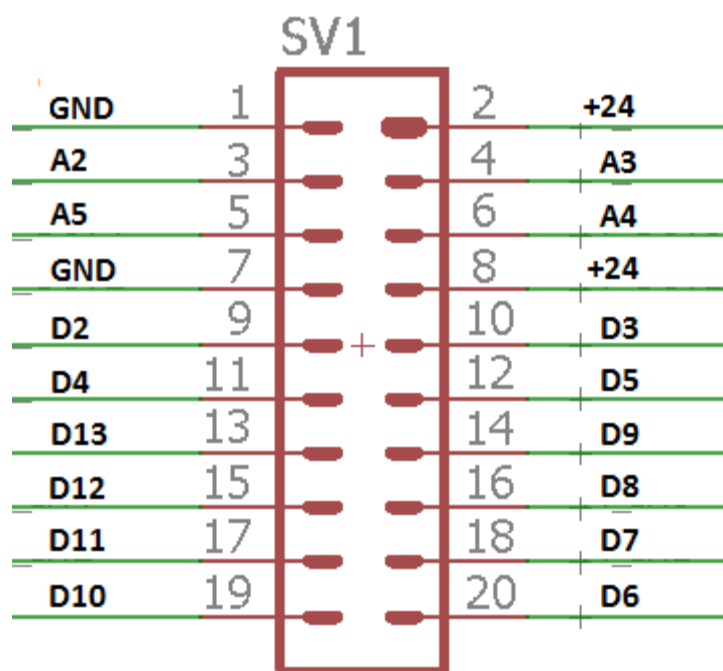
Tab. 2. Adresace pinů modelu automatické pračky



7.2.2.2 Model mísící jednotky

| Č. bitu na portu mcu | IDE Pin | Funkce modelu            |
|----------------------|---------|--------------------------|
| PC2                  | A2      | Ventil SV1               |
| PC3                  | A3      | Ventil SV2               |
| PC4                  | A4      | Nezapojeno               |
| PC5                  | A5      | Ventil SV3               |
| PD2                  | D2      | Ventil SV5               |
| PD3                  | D3      | Ventil SV4               |
| PD4                  | D4      | Míchadlo v mísící nádrži |
| PD5                  | D5      | Nezapojeno               |
|                      |         |                          |
| PD6                  | D6      | Hladinoměř H1            |
| PD7                  | D7      | Hladinoměř H3            |
| PB0                  | D8      | Hladinoměř H5            |
| PB1                  | D9      | Hladinoměř H7            |
| PB2                  | D10     | Hladinoměř H2            |
| PB3                  | D11     | Hladinoměř H4            |
| PB4                  | D12     | Hladinoměř H8            |
| PB6                  | D13     | Hladinoměř H6            |

Tab. 3. Adresace pinů modelu mísící jednotky



Obr. 26. Zapojení pinů na konektoru I/O modulu

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zhotovit prototyp rozšiřující desky umožňující využití desek platformy Arduino pro řízení EDU-mod modelů ve výuce mikropočítačů.

V rámci práce byla vytvořena rozšiřující deska, která umožňuje připojit modely EDU-mod k mikropočítačové vývojové desce Arduino. Deska zajišťuje přizpůsobení napětí tak, aby Arduino mohlo pracovat se vstupy a výstupy modelu, které pracují s napětím 24V. Vyrobená deska má shodné rozmístění vývodů pinů s deskou Arduino Uno a je možné ji k tomuto řídicímu mikropočítači připojit stejným způsobem jako komerčně vyráběné rozšiřující desky.

Při návrhu obvodu desky se postupovalo nejprve od návrhu zdroje napětí 24 V pro napájení výukového modelu a ovládání jeho vstupů. Tento zdroj byl sestaven s využitím obvodu MC34063. Poté bylo nutné vyřešit způsob přivedení tohoto napětí na vstupy modelů. Toho bylo dosaženo použitím dvou optočlenů PC847. Napětí 24V vystupující z modelu bylo přizpůsobeno úrovni napětí Arduina využitím odporových děličů napětí. Děliče bylo nutné sestavit s využitím odporové sítě, kvůli značné úspoře místa na desce. Návrh schématu a výsledná podoba desky byla zpracována pomocí editoru schémat EAGLE, výroba desky plošného spoje probíhala v prostorách Fakulty aplikované informatiky. Osazení desky součástkami, dodatečné úpravy, kontrolní měření a odladění programu zařízení bylo uskutečněno v domácích podmínkách.

V první části práce jsou popsány výukové modely EDU-mod. Druhá kapitola se věnuje jednočipovým mikropočítačům a platformě Arduino. Třetí kapitola se zabývá problematikou stejnosměrných měničů napětí. V praktické části je řešen návrh zapojení desky a její postup výroby. Funkčnost realizované desky byla ověřena navrženým programem pro model automatické pračky. V poslední kapitole byla zpracována dokumentace zařízení zahrnující základní informace o výrobku, schéma zapojení, předlohu DPS, osazovací plán a adresaci pinů pro modely automatické pračky a mísící jednotky.

Všechny body zadání se podařilo splnit. Zařazení platformy Arduino do výuky s těmito výukovými modely je díky jednoduchosti programovacího jazyka Arduino vhodné pro začínající programátory a myšlení uživatele je tak zaměřeno více na praktické a kreativní využití, student se nemusí tolik zabývat složitějším sestavováním struktury kódu jako je nastavování daných registrů pro GPIO piny, manipulace s jednotlivými bity, apod.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BARR, Michael a Anthony J MASSA. Programming embedded systems: with C and GNU development tools. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006, xxi, 301 s. ISBN 978-0-596-00983-0.
- [2] CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2005, xvi, 377 p. ISBN 0596007558.
- [3] MCCONNELL, Steve. Dokonalý kód: umění programování a techniky tvorby software. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005, 894 s. ISBN 802510849x.
- [4] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.
- [5] KOHOUT, Luděk. Modely EDU-mod [online]. 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>
- [6] ARDUINO. Arduino - HomePage [online]. 2011 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/>
- [7] Arduino Blog [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [https://blog.arduino.cc/wp-content/uploads/2013/07/Arduino\\_logo\\_pantone-300x300.png](https://blog.arduino.cc/wp-content/uploads/2013/07/Arduino_logo_pantone-300x300.png)
- [8] Matoušek David: Práce s mikrokontroléry ATMEL AT89C2051 - 1. díl - edice uP a praxe, BEN - technická literatura, 2002, ISBN 80-7300-094-6.
- [9] SparkFun Electronics. SparkFun Electronics [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/6/3/4/3/11021-04c.jpg>
- [10] Semiconductor and Integrated Circuit Devices [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC34063A-D.PDF>
- [11] Wikipedia contributors. DC-to-DC converter [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter)
- [12] Wikipedia contributors. Boost converter [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Boost\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|        |   |
|--------|---|
| AD     | Analog to digital                                   |
| CPU    | Central processing unit                             |
| DA     | Digital to analog                                   |
| DC     | Direct current                                      |
| DPS    | Deska plošných spojů                                |
| EAGLE  | Easily Applicable Graphical Layout Editor           |
| EEPROM | Electrically Erasable Programmable Read Only Memory |
| I/O    | Input/Output  |
| ICSP   | In Circuit Serial Programming                       |
| IDE    | Integrated Development Environment                  |
| L      | Cívka   |
| LCD    | Liquid crystal display                              |
| MOSFET | Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor   |
| PLC    | Programmable Logic Controller                       |
| PROM   | Programmable Read Only Memory                       |
| PWM    | Pulse Width Modulation                              |
| RAM    | Random Access Memory                                |
| ROM    | Read Only Memory                                    |
| Rz     | Elektronická zátěž                                  |
| S      | Spínač (tranzistor)                                 |
| SRAM   | Static Random Access Memory                         |
| TTL    | Transistor transistor logic                         |
| USB    | Universal Serial Bus                                |
| UV     | Ultra violet  |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1. Základní soubor modelů EDU-mod[5].....                    | 11 |
| Obr. 2. Schéma zapojení 20 pólového konektoru modelů.....         | 12 |
| Obr. 3. Model mísící jednotky[5] .....                            | 13 |
| Obr. 4. Model automatické pračky[5].....                          | 14 |
| Obr. 5. Model křižovatky[5] .....                                 | 16 |
| Obr. 6. Model nápojového automatu[5].....                         | 16 |
| Obr. 7. Zjednodušené schéma počítače[4].....                      | 19 |
| Obr. 8. Logo společnosti Arduino[7].....                          | 19 |
| Obr. 9. Arduino Uno[9] .....                                      | 21 |
| Obr. 10. Vývojové prostředí Arduino .....                         | 23 |
| Obr. 11. Obecné schéma zvyšujícího měniče .....                   | 25 |
| Obr. 12. Blokové schéma regulátoru MC34063AP[10] .....            | 26 |
| Obr. 13. Zapojení obvodu MC34063 jako zvyšovač napětí .....       | 29 |
| Obr. 14. Schéma zapojení komunikace ve směru Arduino – model..... | 30 |
| Obr. 15. Schéma zapojení komunikace ve směru model – Arduino..... | 31 |
| Obr. 16. Zhotovený I/O modul .....                                | 33 |
| Obr. 17. Přiřazení výstupních pinů proměnným.....                 | 34 |
| Obr. 18. Nastavení pinů jako piny výstupní .....                  | 34 |
| Obr. 19. Funkce pro napouštění vody.....                          | 35 |
| Obr. 20. Funkce pro střídavé otáčení bubnu .....                  | 35 |
| Obr. 21. Funkce vypouštění vody z pračky .....                    | 36 |
| Obr. 22. Funkce test_teplota() .....                              | 36 |
| Obr. 23. Schéma zapojení desky.....                               | 38 |
| Obr. 24. Předloha DPS.....  | 39 |
| Obr. 25. Osazovací plán DPS, pohled shora.....                    | 39 |

---

Obr. 26. Zapojení pinů na konektoru I/O modulu ..... 41

**SEZNAM TABULEK**

|  |    |
|--|----|
| Tab. 1. Technická specifikace desky Arduino Uno[6] ..... | 21 |
| Tab. 2. Adresace pinů modelu automatické pračky .....    | 40 |
| Tab. 3. Adresace pinů modelu mísící jednotky .....       | 41 |

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Seznam použitých součástí
- P II DPS modulu
- P III CD obsahující ukázkový program a bakalářskou práci



## PŘÍLOHA P I: SEZNAM POUŽITÝCH SOUČÁSTEK

| Č. položky | Počet kusů | Označení ve schématu                            | Označení součástky | Popis součástky  |
|------------|------------|---|--------------------|--|
| 1          | 1          | X1  | SCD-016            | Napájecí souosý konektor                                     |
| 2          | 2          | D1, D2  | 1N5819             | dioda 40V/1A, DO41   |
| 3          | 3          | C1, C2, C3                                      | E220M/35V          | Kondenzátor elektrolytický radiální, 220uF/35V               |
| 4          | 1          | L1  | DPO150A1           | Tlumivka 150uH 1A  |
| 5          | 8          | R6, R7, R8,<br>R9, R10,<br>R11, R12,<br>R13     | RM 560R            | Rezistor metalizovaný 560R Ohm, pouzdro 0207                 |
| 6          | 2          | R4, R5  | RM 0R47            | Rezistor metalizovaný 0R47 Ohm, pouzdro 0207                 |
| 7          | 1          | R3  | RR 180R            | Rezistor metalizovaný 180R Ohm, pouzdro 0207                 |
| 8          | 1          | R2  | RM 20K             | Rezistor metalizovaný 20K Ohm, pouzdro 0207                  |
| 9          | 1          | R1  | RM 1K1             | Rezistor metalizovaný 20K Ohm, pouzdro 0207                  |
| 10         | 1          | RN1   | RRA 8X1k5          | Rezistorová síť 0,125W 2% 9 pinů                             |
| 11         | 1          | C4  | CK<br>470p/500V    | Keramický kondenzátor 470P/500 V                             |
| 12         | 2          | OC1, OC2  | PC847              | Optočlen 4x PC817 KP 1040B                                   |
| 13         | 1          | SV1   | PSL20              | konektor, vidlice, přímé piny, 2 x 10pinů, rozteč 2,54mm     |
| 14         | 8          | R14, R15,<br>R16, R17,<br>R18, R19,<br>R20, R21 | RM 9k1             | Rezistor metalizovaný 9K1 Ohm, pouzdro 0207                  |
| 15         | 1          | IC1   | MC34063AP          | Spínaný regulátor napětí - V/1,5A, pouzdro DIP8              |
| 16         | 1          |   | Arduino con<br>6   | Dutinková lišta 6 kontaktů, Rozteč 2.54mm, délka vývodů 15mm |
| 17         | 2          |   | Arduino con<br>8   | Dutinková lišta 8 kontaktů, Rozteč 2.54mm, délka vývodů 15mm |
| 18         | 1          |   | Arduino con<br>10  | Dutinková lišta 10 kontaktů Rozteč 2.54mm, délka vývodů 15mm |

## PŘÍLOHA P II: DPS MODULU

